云南横断山区小型兽类物种多样性 与地理分布趋势

龚正达¹ 吴厚永² 段兴德¹ 冯锡光¹ 张云智¹ 刘泉²

1 (云南省流行病防治研究所, 大理 671000)

2 (军事医学科学院微生物流行病学研究所, 北京 100071)

摘要: 以云南横断山区的高黎贡山、怒山和云岭等重要山脉的7个山系作为样区, 进行小型兽类的垂直分布调查并参考有关资料, 采用不同山系样区各垂直带小型兽类物种多样性指数的平均值作为指标, 对横断山区小型兽类的地理分布趋势、规律和相关影响因素进行了研究。结果表明: 小型兽类物种多样性的地理分布趋势是由南向北, 由西向东呈递减的趋势。与此趋势变化密切相关的主要因素是纬度的影响, 其次是水湿条件, 另外还与小型兽类的密度、物种丰富度、地理环境(坡向)和垂直带的影响等因素有关。此外, 对横断山区不同区域小兽物种密度高峰问题作了分析和讨论。

关键词: 小型兽类, 物种多样性, 地理分布趋势, 横断山区, 云南

中图分类号: Q 958 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2001)01-0073-07

The species diversity and distribution trends of small mammals in Hengduan Mountains, Yunnan

GONG Zheng-Da¹, WU Hou-Yong², DUAN Xing-De¹, FENG Xi-Guang¹, ZHANG Yun-Zhi¹, LIU Quan²

1 Institute of Epidemiology of Yunnan Province, Dali 671000

2 Institute of Microbiology and Epidemiology, Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100071

Abstract: The vertical distribution of small mammals was investigated in seven important mountain ranges of the Hengduan Mountains in Yunnan Province, such as Mt. Gaoligong and Mt. Yunling. The geographical distribution trends, rules and correlated variables were analyzed, based on the mean diversity indices of small mammals in the vertical zones of these ranges. The results demonstrated that the species diversity index decreased gradually from the south to the north and from the west to the east. The most important variables were latitude and rainfall. In addition, the peak of small mammals' density was analyzed and discussed in those areas.

Key words: small mammals, species diversity, geographical distribution trends, Hengduan Mountains, Yunnan

有的学者(Wallace, 1878)指出物种密度由高纬度向低纬度逐步增加, 有的学者(Simpson, 1964)发现物种的密度分布趋势与海拔、地形、气候、群落结构等具有密切关系。国内张荣祖等学者采用 Terent'ev 的方格法, 统计各方格兽类的种数, 统计的结果用以显示某一地区兽类区系及不同目或类群的地理分布趋势, 认为在喜马拉雅山、横断山等处由于地形特殊, 在山地环境中具有多种垂直分布带, 在类似的地区以雨量或温度分析物种密度分布趋势是不适

宜的, 甚至高度的等级也不能作为一种标准(张荣祖, 林永烈, 1985)。

作者近年在云南横断山区的不同地理位置中选择具代表性的高黎贡山、怒山和云岭等主要山脉, 确定了7个山系作为样区, 它们是高黎贡山(东坡, 贡山; 西坡, 泸水)、苍山(东坡, 大理; 西坡, 漾濞)、玉龙雪山(丽江)、大雪山(永德)、无量山(景东)和白草岭(大姚)的小型兽类(含啮齿类、食虫类、攀鼯类、兔形类和小型食肉类)进行了垂直分布的调查,

包括引用哀牢山(赵体恭等,1988)和高黎贡山(龚正达,解宝琦,1989)等地区的调查结果。采用不同山地样区各垂直带小型兽类物种多样性指数的平均值作为指标,对当地横断山区小型兽类的地理分布趋势、规律和相关因素进行分析和探讨。

1 自然概况

云南西部属青藏高原的南延部分,为横断山脉高山峡谷区。这里山河相间,高黎贡山、怒山和云岭等高大山脉南北纵列,金沙江、澜沧山、怒山和元江等深谷成帚状排列,相对高差较大,地势险峻,南部海拔一般在 1500 ~ 2200 m,北部为 3000 ~ 4000 m。

2 研究方法

2.1 调查方法

1995 ~ 1998 年间,选择横断山区的高黎贡山、怒山和云岭等主要山脉的不同地理位置中具代表性的支脉(山峰)作为调查样区,在旱季对各样区采用小兽捕铗捕打地栖小兽为主,并辅以枪击法捕打部分树栖小兽的方法,对各山地、各森林植被带进行垂直分布调查。每一植被带分 5 ~ 6 条夹线进行,每日易地,依面积大小确定置夹数。所获小兽标本在现场进行标本制作,分类登记。

2.2 统计方法

2.2.1 群落组织水平指标测定 用 Shannon-Wiener 指数公式 $H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ 分别计算各植被带小兽的物种多样性指数(式中 H' = 多样性指数; P_i = 第 i 种的个体比例);以 Pielou(1949)的公式 $J = H' / \ln S$ 计算各植被带种的均匀度指数(式中 J = 均匀度, S = 种类数);以 Simpson(1949)的公式 $C = \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2$ 计算各植被带的生态优势度(式中 C = 生态优势度, n_i = 每一种的个体数, N = 总个体数)(赵志模,郭依泉,1990)。

2.2.2 主要分析指标 以各样区山脉各垂直带上上述指数的均数作横断山区小兽地理分布情况的分析指标。并根据物种多样性指标绘制成小兽地理分布的趋向图。

2.2.3 相关系数(r) 采用离差标准化后的内积相关系数。

2.3 调查地点和范围

2.3.1 高黎贡山北段东坡(贡山):1600 ~ 4000 m (置夹数 3089)

2.3.2 高黎贡山南段(西坡)泸水:1860 ~ 3600 m

(置夹数 1832)

2.3.3 怒山南段(大雪山,永德):1500 ~ 3504 m (置夹数 7676)

2.3.4 云岭北段(玉龙雪山,丽江):1800 ~ 4500 m (置夹数 6557)

2.3.5 云岭中段(苍山,大理和漾濞):1900 ~ 4120 m (置夹数 9161)

2.3.6 云岭南段(无量山,景东):1150 ~ 3100 m (置夹数 5723)

2.3.7 云岭南段(哀牢山,新平):1900 ~ 3165 m (置夹数 3211)

2.3.8 云岭与云贵高原连结部(白草岭,大姚) 2000 ~ 3657 m (置夹数 7191)

3 结果与分析

现场调查工作中共获小兽 7348 只,隶属 5 目 11 科 33 属 77 种(亚种),名录及分布情况见表 1。其中:高黎贡山东坡(贡山)30 种 910 只;西坡(泸水)17 种 308 只;永德大雪山 35 种 843 只(其中枪击获 19 只);玉龙雪山 27 种 1530 只;苍山东坡(大理)29 种 1028 只(其中枪击获 6 只);西坡(漾濞)22 种 268 只(其中枪击获 2 只);无量山 26 种 803 只;白草岭 21 种 1028 只;数据中包括引用哀牢山 30 种 630 只的文献资料(赵体恭等,1988)。

根据调查结果(表 1),云南横断山区不同地理位置的各山系小兽的物种多样性不同。但通过比较可以看出下列几点特征(表 2):1)纬度位置较低的地区多样性指数较高,如永德大雪山(1.9487),无量山(1.8674)和哀牢山(1.6774)。2)在经线位置相当的同—山脉,如云岭山脉,纬度位置由低至高的无量山(1.8674)、苍山(1.6696)、玉龙雪山(1.4201)的物种多样性随着纬度增高而递减,这种趋势非常明显($r = -0.9981$)(图 1)。此结果说明,在横断山区小兽物种多样性与纬度的高低有密切关系,其地带性分布规律有明显沿纬度分配的特征;3)另一方面,在地理位置(纬度和高度)较接近的山系,如由西向东的大雪山(1.9487)、无量山(1.8674)、哀牢山(1.6774)相比较后可以看出,各山系随着经度的增加,小兽物种多样性由西向东呈明显递减的趋势($r = -0.9525$)。分析其主要原因,认为与当地降水量有关($r = 0.8803$),三者的年降水量分别为 1442.0 mm,1096.4 mm 和 973.0 mm,亦呈递减的趋势。这说明在纬度位置相当的山系,小兽物种多样性的高低主要取决于当地的水湿条件,它

表 1 云南横断山区山地的小型兽类组成及其分布
Table 1 Composition and distribution of small mammals in Hengduan Mountains of Yunnan

种 类 Species	高黎贡山 (东)east Mt. Gaoligong	高黎贡山 (西)west Mt. Gaoligong	玉龙雪山 Mt. Yulong	白草岭 Mt. Baicao	苍山(东) (east) Mt. Cangshan	苍山(西) (west) Mt. Cangshan	无量山 Mt. Wuliang	哀牢山 Mt. Ailao	大雪山 Mt. Daxue
赤腹松鼠贡山亚种 <i>Callosciurus erythraeus gongshanensis</i>	✓								
赤腹松鼠滇西南亚种 <i>C. erythraeus zimmeensis</i>									✓
隐纹花松鼠克氏亚种 <i>Tamias swinhoei clarkei</i>									✓
隐纹花松鼠丽江亚种 <i>T. swinhoei forresti</i>					✓				
隐纹花松鼠缅甸亚种 <i>T. swinhoei spencei</i>	✓			✓					
明纹花松鼠 <i>T. maclellandi collius</i>									✓
珀氏长吻松鼠滇西亚种 <i>Dremomys pernyi howelli</i>	✓		✓		✓	✓			✓
红颊长吻松鼠指名亚种 <i>D. rufigenis rufigenis</i>						✓			✓
橙腹长吻松鼠 <i>D. lokriah</i>	✓								
侧纹岩松鼠 <i>Sciurotamias forresti</i>				✓			✓		
云南攀鼠 <i>Vernaya fulva</i>								✓	✓
景东树鼠 <i>Chiropodomys jingdongensis</i>							✓		
笔尾树鼠 <i>C. gliroides</i>									✓
巢鼠 <i>Micromys minutus</i>			✓	✓	✓				✓
中华姬鼠 <i>Apodemus draca</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
齐氏姬鼠 <i>A. chevrieri</i>			✓	✓	✓	✓		✓	✓
齐氏姬鼠贡山亚种 <i>A. chevrieri gongshanensis</i>	✓								
大耳姬鼠 <i>A. latronum</i>			✓	✓	✓	✓			
斯氏家鼠 <i>Rattus rattus</i>			✓			✓		✓	✓
胸斑鼠 <i>R. yunnanensis</i>							✓	✓	✓
黄胸鼠 <i>R. flavipectus</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
大足鼠 <i>R. nitidus</i>	✓	✓	✓		✓			✓	✓
褐家鼠 <i>R. norvegicus</i>			✓	✓					
社 鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
梵 鼠 <i>N. brahma</i>	✓	✓							
刺毛鼠 <i>N. fulvescens</i>	✓						✓	✓	✓
安氏白腹鼠 <i>N. andersoni</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
四川白腹鼠 <i>N. excelsior</i>	✓	✓							✓
灰腹鼠 <i>N. eha ninus</i>	✓	✓					✓	✓	
白腹巨鼠 <i>Leopoldamys edwardsi</i>								✓	
青毛鼠 <i>Berylmys bowersi</i>					✓		✓		
板齿鼠 <i>Bandicota indica</i>							✓	✓	
小家鼠 <i>Mus musculus</i>			✓		✓			✓	
卡氏小鼠 <i>M. caroli</i>				✓			✓	✓	
锡金小鼠 <i>M. pahari</i>		✓		✓			✓	✓	✓
猪尾鼠 <i>Typhlomys cinereus jindongensis</i>								✓	
黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>		✓			✓				
大绒鼠 <i>E. miletus</i>			✓	✓	✓	✓	✓	✓	

表 1 (续)Table 1 (Continued)

种 类 Species	高黎贡山 (东)east Mt. Gaoligong	高黎贡山 (西)west Mt. Gaoligong	玉龙雪山 Mt. Yulong	白草岭 Mt. Baicao	苍山(东) (east) Mt. Cangshan	苍山(西) (west) Mt. Cangshan	无量山 Mt. Wuliang	哀牢山 Mt. Ailao	大雪山 Mt. Daxue
滇绒鼠 <i>E. eleusis</i>	✓							✓	✓
昭通绒鼠 <i>E. olitor</i>				✓				✓	✓
玉龙绒鼠 <i>E. proditor</i>			✓						
克钦绒鼠 <i>E. cachinus</i>	✓	✓							✓
西南绒鼠丽江亚种 <i>E. custos rubelius</i>			✓		✓	✓			
白尾松田鼠 <i>Pitymys irene</i>	✓				✓	✓			
克氏田鼠 <i>Microtus clarkei</i>	✓								
四川田鼠 <i>M. millicens</i>								✓	
鼯猬 <i>Neotetracus sinensis</i>	✓	✓					✓	✓	✓
毛猬 <i>Hylomys suillus</i>								✓	
多齿鼯鼠 <i>Uropsilus gracilis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
针尾鼯 <i>Scaptonyx fusicaudus</i>	✓		✓		✓	✓	✓		✓
白尾鼯 <i>Parascaptor leucurus</i>									✓
高山鼯鼠 <i>Sorex excelsus</i>			✓	✓	✓	✓	✓		
西藏鼯鼠 <i>S. thibetanus</i>								✓	
普通鼯鼠 <i>S. araneus</i>	✓								
背纹鼯鼠 <i>S. bedfordiae</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
肥鼯鼠 <i>Blarinella quadratauda</i>		✓	✓				✓	✓	✓
长爪鼯鼠 <i>Soriculus nigrescens</i>									✓
印度长尾鼯 <i>S. macurus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
长尾鼯 <i>S. caudatus</i>	✓	✓		✓			✓	✓	✓
南小麝鼠 <i>Crocidura horsfield</i>								✓	✓
华南麝鼠 <i>C. rapax</i>									✓
北小麝鼠 <i>C. erocidur</i>					✓				
灰麝鼠 <i>C. attenuata</i>					✓				
中麝鼠丽江亚种 <i>C. russula vorax</i>			✓	✓	✓	✓			
中麝鼠滇西亚种 <i>C. russula rapax</i>									✓
长尾大麝鼠 <i>C. dracula</i>			✓	✓		✓	✓	✓	✓
短尾鼯 <i>Anourosorex squamipesi</i>	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
美雅游鼯 <i>Nectogale elegans</i>						✓			
树鼯盈江亚种 <i>Tupaia belangeri chinensis</i>			✓		✓	✓	✓		
树鼯贡山亚种 <i>T. belangeri gongshanensis</i>	✓	✓							
藏鼠兔指名亚种 <i>Ochotona thibetana thibetana</i>					✓	✓			
藏鼠兔峨媚亚种 <i>O. thibetana sacraria</i>			✓						
灰颈鼠兔 <i>O. forresti</i>	✓	✓							
高黎贡鼠兔 <i>O. gaoligongensis</i>	✓								
云南兔 <i>Lepus comlls</i>					✓				✓
黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>							✓		
黄 鼬 <i>M. sibirica</i>	✓		✓		✓				
合计 (Total)	30	17	27	21	29	22	26	30	35

表 2 云南横断山区小型兽类物种多样性与重要环境因素的关系
Table 2 Relationship between environmental factors and species diversity of small mammals in Hengduan Mountains of Yunnan

山脉及地点 Mountain range	小兽生物学指标 Ecological index of small mammals					环境因素 Environmental factors		
	密度(捕获率) (<i>D</i>)	物种丰富度 (<i>S</i>)	物种多样性 (<i>H'</i>)	均匀度 (<i>J</i>)	生态优势度 (<i>C</i>)	地理位置 Geographical position	海拔高度(米) Altitude(m)	年降雨量(毫米) Precipitation(mm)
高黎贡山(贡山) Mt. Gaoligong 西坡(泸水) (west)	25.28	30	1.6616	0.7518	0.2323	98°60′ E	4200	1639.6
	16.81	17	1.6227	0.6988	0.3198	27°78′ N		
						98°70′ E		
						26°15′ N		
玉龙雪山(丽江) Mt. Yulong	25.06	27	1.4201	0.5637	0.3958	100°20′ E 27°11′ N	5596	938.6
白草岭(大姚) Mt. Baicao	14.35	21	1.4628	0.5962	0.3346	101°30′ E 26°20′ N	3657	788.3
苍山(大理) Mt. Cangshan 西坡(漾濞)	16.08	29	1.6696	0.7098	0.2785	100°05′ E	4120	1069.0
	8.15	22	1.4519	0.6803	0.3292	25°73′ N		1077.0
无量山(景东) Mt. Wuliang	14.51	26	1.8674	0.7316	0.2248	100°65′ E 24°36′ N	3291	1096.4
哀牢山(新平) Mt. Ailao	10.55	30	1.6774	0.8551	0.2782	101°40′ E 24°23′ N	3137	973.0
大雪山(永德) Mt. Daxue	11.09	35	1.9487	0.7279	0.2193	99°65′ E 24°10′ N	3504	1442.0

注 Note : *D* :Density ; *S* :Species richness ; *H'* :Species diversity index ; *J* :Pielou evenness index ; *C* :Ecological dominance.

体现了经向地带性以水分为代表的物质分布对小兽多样性地理分布趋势的变换上较纬度地带分布的次一级形式。

在调查区域内的 8 个山地样区海拔高度各不相同,最高为 5596 m(玉龙雪山),而最低仅有 3137 m(哀牢山),在调查结果中,它们的物种多样性指数并未能反应出与其高度相关的联系($r = -0.3385$)。

各山地小兽密度(捕获率)与多样性有一定的关系,小兽数量密度较低的样区其物种多样性通常相对较高,如大雪山、哀牢山、无量山和苍山。但也有不同结果的样区,如白草岭小兽密度相对较低,多样性亦较低。经比较和分析后看出,这是由于该山系物种丰富度较低而生态优势度较高形成的。反之,高黎贡山密度虽高,但物种丰富度亦较高,优势度相对较低,其多样性相对较高。此外,在物种丰富度相等或接近的两山系比较,小兽密度低但均匀度较高者多样性相对较高,如哀牢山与高黎贡山、或无量山与玉龙雪山的对照。另外,以小兽密度与其对应的小兽物种丰富度比较,也得到类似的结果。事实上,物种多样性的高低,与当地小兽密度、丰富度和均匀度以及优势度都有一定的关系,物种多样性能够较为全面地反应出一个地区的物种组成和分

布状态。

在各山系样区调查中,高黎贡山和苍山除阳坡(东坡)外,并对阴坡(西坡)进行了调查。结果显示,在同一山系,阳坡的物种丰富度和多样性均高于阴坡,两山系的阴坡在所据地理位置(纬度)相差不大的情况下,由于经度增加及其水湿条件的不同,高黎贡山的物种多样性指数大于苍山的指数,此结果与上述其他山系阳坡的情况相似。

在上述论述中认为山体海拔高度与物种多样性关系并不密切,但在各山系山地环境中多种垂直分布带对多样性的影响是存在的。因此,在不同地理位置山系的各垂直带中,它显示了不同的特点和规律。调查结果显示,高黎贡山、玉龙雪山、白草岭、无量山和苍山各垂直带小兽物种多样性不尽相同,但都以中山地带森林植被条件较好地带为高,而气候环境条件恶劣、植被条件较差的山顶部和人们生产活动频繁的山脚带山地农耕地小兽物种多样性和物种丰富度都相对较低。说明了气候条件与人们的生产活动对物种多样性有重要影响。

云南横断山区的山川自北向南,自滇西大理、保山一线(约北纬 25°)以南,山川间距越来越宽,地势逐渐低平,各山体高度已相对较低。在研究区内小

图1 云南横断山区小型兽类物种多样性与地理分布趋势
Fig.1 The species diversity and distribution trends of small mammals in Hengduan Mountains, Yunnan

兽物种的密度不存在单纯的纬度变化,横断山的特殊地形与海拔高度,显示了气候条件与正常气候带有极大的差异,在此环境中具多种垂直分布带的特征,因而垂直带性占据了主导地位,但区域的影响依然存在。从图2和图3中可以看出,小兽垂直分布的结果显示了在不同区域山地小兽物种的密度高峰显然不同。在 25° 以南地区的大雪山、无量山和哀牢山小兽物种密度高峰以低海拔的山脚带最高,然后随海拔高度的升高,小兽物种密度呈递减的趋势。但在 25° 以北的山地如苍山、玉龙雪山和高黎贡山等小兽物种密度高峰位于中山地带海拔约3000 m左右的地带。形成了在研究区域内具有两个密度高峰的特征,这与张荣祖、林永烈(1985)采用方格法观察到的结果类似。但两个物种密度高峰分别处于该地区不同地理区域范围内。

综上所述,云南横断山区小型兽类物种多样性

的地理分布趋势是由南向北、由西向东呈递减的趋势,与此趋势变化密切相关的主要因素有纬度的影响和水湿条件(降水量),其次与小兽的密度、物种丰富度、地理环境(坡向)和各垂直带特征等因素都有一定的关系。

图2 云南横断山区各山系不同海拔高度小兽的物种数(北纬 25° 以南地区)
Fig.2 Species numbers of small mammals in various altitudinal zones in the Hengduan Mountains (South of the Latitude 25° N)

图3 云南横断山区各山系不同海拔高度小兽的物种数(北纬 25° 以北地区)
Fig.3 Species numbers of small mammals in various altitudinal zones in the Hengduan Mountains (North of the Latitude 25° N)

4 讨论

横断山区属于地理环境非常复杂并具有多种垂直分布带特征的地区,小兽物种较为丰富,其中有不少稀有种。对一个地区的物种调查工作,除了受取样大小、数量多少的影响外,一些为数较少的稀有种类的获得与否在取样中有较大的偶然性。因此,仅以异地之间所获物种数作为指标依据进行地理分布趋势,或其他等问题的分析和讨论时,会出现难以解释的现象(吴德林,邓向福,1988)。而多样性指数是反映一定区域或群落中物种数的多少以及个体数在各个种中的分布是否均匀的综合指标,费希尔

(Fisher et al., 1943)认为多样性指数不依赖于取样的大小。在我们研究的结果中,它解决了在横断山区地理位置相距甚远或相邻但地理环境条件迥异的(不同坡向或不同植被环境)两样地之间,物种丰富度在样本间数量上相悖的情况,或以雨量、温度或高度作为指标难以对小兽的地理分布趋势作出判定和解释的问题。因此我们认为,在横断山区应用物种多样性指数作为指标,对不同区域之间小兽地理分布趋势进行对照比较,优于仅以物种密度作为分析指标的方法。

水平地带性与垂直地带性其实是同源的,它们所依赖的基础,即是对于系统所输入的能量状况以及水分条件的影响。横断山小兽物种多样性的分布主要与纬度相关,其次是水湿条件,总的趋势体现了与当地环境条件相应的空间分布规律。但不同地理位置的山体垂直分布中的两个物种密度高峰,一方面在纬度和山体海拔高度较低的地区体现了沿海拔高度的增加,物种密度呈递减的梯度变化,呈现了类似纬度梯度变化的一般规律,说明在此地域内受纬度的影响较大。另一方面在地理位置偏北、高度较高的山体,在中山地带约海拔 3000 m 左右(相当于温凉性针阔叶混交林带的分布线)出现的另一密度高峰,却可能是与这一地带气候条件和植被环境最复杂相关联(张荣祖,林永烈,1985);另一重要因素,这里是我国西南横断山区动植物古北与东洋区系的分界线和交错地带(龚正达等,1996,1997,1999),由于边缘效应,形成了中山地带的物种密度和多样性高峰。上述原因,构成了横断山区小兽物种密度呈双高峰的区域特征。

横断山是由南北纵向近千公里的一系列山系构成,地势由北向南逐步降低,各山体由于地理环境的差异,在不同纬度和经度的山系甚至同一山系的不同坡向,其气候条件和植被情况差异都很大,小兽的组成和物种多样性显然不同。因此,在不同山系或

同一山系的不同纬度地段,所作的一次调查结果并不能反映一个山系或者整个地区的情况,在某一山系调查中应注意不同地段(纬度)水平分布情况的了解。

致谢 现场调查工作中得到怒江州卫生防疫站、贡山县防疫站、泸水县防疫站、临沧地区防疫站、景东县防疫站、丽江县防疫站和大姚县防疫站的参与、支持和帮助,昆明动物所王应祥研究员帮助鉴定部分标本,谨此一并致谢!

参考文献

- 龚正达,解宝琦,1989. 高黎贡山小型兽类调查. 动物学杂志, **24**(1): 28 ~ 32
- 龚正达,解宝琦,林家冰,1996. 高黎贡山蚤类的生态区系. 动物学研究, **17**(1): 59 ~ 67
- 龚正达,段兴德,冯锡光,解束,尚榆民,杜宝汉,段彪,1997. 苍山洱海自然保护区的小型兽类. 动物学研究, **18**(2): 197 ~ 204
- 龚正达,吴厚永,段兴德,冯锡光,刘泉,1999. 大理苍山洱海自然保护区山地蚤类区系与生态的研究. 动物学研究, **20**(6): 451 ~ 456
- 王应祥,杨光荣,1989. 云南医学动物名录. 昆明:云南科技出版社, 179 ~ 217
- 吴德林,邓向福,1988. 云南热带和亚热带山地森林鼠形啮齿类的群落结构. 兽类学报, **8**(1): 25 ~ 32
- 张荣祖,林永烈,1985. 中国及其邻近地区兽类分布的趋势. 动物学报, **31**(2): 187 ~ 197
- 赵体恭,吴德林,邓向福,1988. 哀牢山自然保护区兽类. 见:徐永春,姜汉桥主编,哀牢山自然保护区综合考察报告集. 昆明:云南民族出版社, 194 ~ 201
- 赵志模,郭依泉,1990. 群落生态学原理及方法. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 147 ~ 192
- Fisher R A, Corbet A S and Williams C B, 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random samples from an animal population. *Journal of Animal Ecology*, **12**: 42 ~ 58
- Simpson G G, 1964. Species density of North American Recent mammals. *Systematic Zoology*, **13**: 51 ~ 57
- Wallace T R, 1878. Tropical Nature and other Essays. Macmillan, London.

(责任编辑:闫文杰)